

UNIVERSIDADE DOS AÇORES
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA



Biodisponibilidade Ambiental de Iodo e Iodúrias em
Crianças de Santa Maria e São Miguel, Açores

Alexandra Margarida Melo Almada

Mestrado em Ciências Biomédicas

Ponta Delgada

2015

UNIVERSIDADE DOS AÇORES
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA



Biodisponibilidade Ambiental de Iodo e Iodúrias em
Crianças de Santa Maria e São Miguel, Açores

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências Biomédicas

Orientadores:

Professor Doutor Armindo dos Santos Rodrigues

Professora Doutora Patrícia Ventura Garcia

Alexandra Margarida Melo Almada

Mestrado em Ciências Biomédicas

Ponta Delgada, 2015

Dedicatória

A mim, aos meus pais e ao meu marido...

Agradecimentos

A realização deste trabalho deve-se em grande parte à colaboração fornecida pelos meus orientadores, Professor Doutor Armindo dos Santos Rodrigues e Professora Doutora Patrícia Ventura Garcia, pela excelência na transmissão de conhecimentos, pelo profissionalismo, disponibilidade, apoio e dedicação a este projeto, sem os quais não seria possível realizar.

Deixo também o meu especial agradecimento à aluna de Doutoramento Diana Linhares, pela colaboração e ajuda neste projeto, sempre disponível no esclarecimento de dúvidas ou questões, nas correções e sugestões ao longo deste período.

Um agradecimento a todos os pais e crianças que participaram neste estudo, bem como à colaboração dos responsáveis, e professores das escolas envolvidas neste projeto.

Gostaria também de agradecer à coordenação deste Mestrado, aos Professores e Colegas que ao longo deste percurso me apoiaram apesar da distância. A todas as pessoas que se interessaram pelo meu trabalho e que se disponibilizaram para discuti-lo comigo, dando o seu apoio e contributo, permitindo assim um maior enriquecimento deste trabalho.

Para finalizar, um agradecimento especial à minha família, Pai, Mãe que me deram todo o apoio e carinho, que sempre acreditaram e se orgulharam de mim. Ao meu marido, pelo apoio e ajuda nesta fase da nossa vida, e pela compreensão das minhas ausências.

Um obrigado a todos

Índice Geral

Lista de Abreviaturas	iii
Índice de Figuras	v
Índice de Tabelas	vii
Resumo	ix
Abstract	xi
1. Introdução	1
2. Enquadramento Teórico	4
2.1. Iodo	4
2.2. Fontes de Iodo	7
2.3. Doenças por Deficiência ou Excesso de Iodo	10
2.3.1. Deficiência de Iodo	10
2.3.2. Excesso de Iodo	13
2.4. Estratégias de Prevenção e Correção	15
2.5. Indicadores biológicos utilizados para avaliar a suficiência de iodo	16
2.6. Métodos de determinação de iodo urinário	20
2.7. Caracterização Geofísica e Climática das Ilhas Santa Maria e São Miguel, Açores	21
2.7.1. Arquipélago dos Açores	21
2.7.2. Ilha de Santa Maria	23
2.7.3. Ilha de São Miguel	24
2.7.4. Tipos de solos em Santa Maria e São Miguel	25
3. Objetivos	26
4. Material e Métodos	27
4.1. Área de estudo	27
4.2. Concentração de Iodo nos Solos e na Erva de Pastagem	28



4.3. População em estudo	30
4.4. Concentração de Iodo Urinário	31
4.5. Análise Estatística	32
5. Resultados	33
5.1. Biodisponibilidade Ambiental de Iodo	33
5.1.1. Concentração de Iodo nos Solos por Complexo Geológico	33
5.1.2. Concentração de Iodo nos Solos e na Erva de Pastagem por Ilha	34
5.2. Concentração de Iodo Urinário	38
5.2.1. Deficiência de Iodo e Disponibilidade Ambiental de Iodo	41
5.3. Insucesso Escolar	42
6. Discussão	44
7. Conclusão	51
Referências Bibliográficas	52
Anexos	61

Lista de Abreviaturas

CG	Complexo geológico
DDI	Desordens por Deficiência de Iodo
DIT	Diiodotirosinas
I	Iodo
I⁻	Iodeto
I₂	Iodo elementar
ICCIDD	International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders
ICP-MS	Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado
INAA	<i>Instrumental Neutron Activation Analysis</i>
IO₃	Iodato
IU	Iodo Urinário
MIT	Monoiodotirosinas
NIS	Simporte sódio/iodo
OMS	Organização Mundial de Saúde
QI	Quociente de Inteligência
SMA	Ilha de Santa Maria
SMG	Ilha de São Miguel
T₃	Tri-iodotironina
T₄	Tiroxina
TG	Tiroglobulina
TRH	Hormona de libertação da tirotrófina
TSH	Hormona Estimulante da Tiróide
UNICEF	United Nations Children's Fund



Índice de Figuras

Figura 1 – Representação das fórmulas químicas das hormonas tiroideias (tri-iodotironina (T_3) e a tiroxina (T_4)). Fonte: ICCIDD, 2014; www.iccidd.org .	4
Figura 2 – Representação esquemática da síntese das hormonas da tiróide. Fonte: Patrick, 2008.	6
Figura 3 – Representação do ciclo do iodo no meio ambiente. Fonte: ICCIDD, 2014; www.iccidd.org .	8
Figura 4 – Bócio nodular grande. Fonte: Zimmermann, <i>et al.</i> , 2008.	12
Figura 5 – Distribuição mundial do aporte de iodo em 2014. A classificação das diversas regiões é fornecida pela legenda acima, indo de deficiência moderada a excesso de aporte de iodo. Fonte: ICCIDD, 2014; www.iccidd.org .	19
Figura 6 – Localização do Arquipélago dos Açores no Oceano Atlântico Norte. Fonte: PGRH – Açores, Secretaria Regional do Ambiente e do Mar 2010.	21
Figura 7 – Mapa da Ilha de Santa Maria e seus complexos geológicos. As áreas indicadas por CG SMA representam os complexos geológicos e os quadrados vermelhos os locais de amostragem. Adaptado de Centro de Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos da Universidade dos Açores (www.cvarg.azores.gov.pt).	27
Figura 8 – Mapa da Ilha de São Miguel e seus complexos geológicos. As áreas indicadas por CG SMG representam os complexos geológicos e os quadrados vermelhos os locais de amostragem. Adaptado de Centro de Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos da Universidade dos Açores (www.cvarg.azores.gov.pt).	28
Figura 9 – Representação esquemática da distribuição dos pontos de recolha de solo, distanciados de 1m, para obtenção da amostra composta.	29

Figura 10 – Distribuição dos valores da concentração de iodo nos solos das Ilhas de Santa Maria e de São Miguel. A linha no interior das *box-plots* representa a mediana para cada ilha (Santa Maria, 61.18 ppm e, São Miguel, 12.98 ppm). 35

Figura 11 – Valores médios da concentração de iodo nos solos de Santa Maria e São Miguel, por complexo vulcânico, em relação o eixo Norte – Sul dos locais de recolha das amostras. 36

Figura 12 – Valores médios da concentração de iodo nos solos de Santa Maria e São Miguel, por complexo vulcânico, em relação à altitude dos locais de recolha das amostras. 36

Figura 13 – Distribuição dos valores da concentração de iodo na erva de pastagem das Ilhas de Santa Maria e de São Miguel. A linha no interior das *box-plots* representa a mediana para cada ilha (Santa Maria, 2.70 ppm e, São Miguel, 0.65 ppm). 37

Figura 14 – Distribuição dos valores da concentração de iodo na urina das crianças das Ilhas de Santa Maria e de São Miguel (Ribeira Quente e Furnas). A linha no interior das *box-plots* representa a mediana para cada ilha (Santa Maria, 117.35 µg/L e, São Miguel, 75.40 µg/L). Os valores extremos estão representados por (0) e *outliers* por (*). 40

Figura 15 – Distribuição do aporte do iodo nas crianças de Santa Maria e São Miguel (Ribeira Quente e Furnas), segundo os critérios de avaliação da ingestão de iodo da OMS (2007). 41

Figura 16 – Frequência de reprovações e dificuldades das crianças em idade escolar das Ilhas de Santa Maria e São Miguel (Ribeira Quente e Furnas). 43

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Concentração média de iodo nos alimentos ($\mu\text{g}/\text{kg}$). Fonte: OMS, 2007.	7
Tabela 2 – Recomendações de ingestão diária de iodo. Fonte: OMS, 2007.	10
Tabela 3 – Problemas associados às DDI. Fonte: Adaptado de Kapil, 2007; Zimmerman, <i>et al</i> , 2013; Zimmermann, 2011.	11
Tabela 4 – Critérios epidemiológicos para avaliar o aporte de iodo baseado na mediana de concentração IU. Fonte: OMS, 2007; Zimmermann <i>et al</i> , 2008.	18
Tabela 5 – Propriedades físico-químicas dos solos por complexo geológico.	33
Tabela 6 – Características físico-químicas do solo e da erva proveniente das ilhas de São Miguel e de Santa Maria. Os valores estão apresentados sob a forma de média \pm desvio padrão.	34
Tabela 7 – Características das duas populações estudadas e respetivas iodúrias. Os valores estão apresentados sob a forma de percentagem (variáveis categóricas) e média \pm desvio padrão (variáveis continuas).	38
Tabela 8 – Associação entre características dos participantes no estudo, exposição a baixa disponibilidade ambiental de iodo e o aporte de iodo em crianças em idade escolar.	42



Resumo

Introdução: O iodo é o elemento indispensável para a síntese das hormonas tiroideias. A carência de iodo é um dos maiores problemas de saúde pública em todo o mundo, principalmente em grávidas e crianças. Em muitas regiões do mundo, os solos contêm quantidades muito baixas de iodo, devido aos efeitos de lixiviação e elevada precipitação, o que prejudica negativamente o seu teor nas culturas, aumentando assim o risco de insuficiência entre as pessoas que consomem principalmente alimentos produzidos nesses solos, visto que o iodo é obtido principalmente a partir da dieta. Os valores mais elevados de biodisponibilidade ambiental de iodo são encontrados em zonas costeiras por causa da volatilização do iodo da água do mar para a atmosfera. Estudos recentes referem que na Região Autónoma dos Açores o aporte de iodo é insuficiente, tanto nas crianças como nas grávidas, e difere entre as ilhas do arquipélago, o que revela que viver em zonas costeiras não garante um aporte de iodo adequado.

Objectivos: Este estudo tem como objectivo principal avaliar a associação entre a disponibilidade ambiental de iodo e a concentração deste elemento na urina de crianças em idade escolar.

Material e Métodos: O estudo foi realizado nas Ilhas de Santa Maria (área de referência) e de São Miguel (área de estudo), Açores – Portugal. A quantificação de iodo nos solos e na erva de pastagem foi executada através do método INAA (*Instrumental Neutron Activation Analysis*). A determinação da concentração de iodo na urina foi realizada em 315 crianças em idade escolar. Foi aplicado um inquérito, de forma a obter informações sobre o estilo de vida e hábitos alimentares dos grupos em estudo, para avaliar as fontes de iodo na dieta. As iodúrias foram estudadas por ICP-MS (Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado). A análise de risco foi efetuada utilizando modelos de regressão logística, ajustados para o tempo de residência, consumo de produtos lácteos e consumo de carne.

Resultados: O solo da Ilha de Santa Maria apresentou uma concentração média de iodo significativamente superior à de São Miguel (57.11 ppm vs 14.53 ppm, respectivamente; $P=0,001$). Contudo, não foram observadas diferenças significativas no teor

de iodo presente na erva de pastagem das duas ilhas ($P=0,095$). O estudo da concentração de iodo na urina revelou que na ilha de São Miguel a prevalência de crianças com um aporte de iodo insuficiente ($<100 \mu\text{g/L}$) é significativamente maior do que em Santa Maria (63% vs 37.8%, respectivamente; $p<0,001$). A exposição crónica à baixa disponibilidade de iodo no meio ambiente está significativamente associada com o agravamento da deficiência de iodo na urina, e o risco é significativamente aumentado (≈ 5 vezes maior) nas crianças de São Miguel (Freguesias de Ribeira Quente e Furnas).

Discussão e Conclusão: Factores ambientais, tais como orografia, precipitação e vento podem estar relacionados com as diferenças na disponibilidade de iodo nos solos destas duas ilhas do Arquipélago dos Açores. Consequentemente, os valores de iodúrias das crianças destas ilhas também foram muito distintos, o que prenuncia que as várias vias de aporte de iodo estão dependentes da disponibilidade de iodo nos solos. Estes resultados apontam para a necessidade do estudo contínuo do aporte de iodo nos Açores, e a implementação de recomendações para a suplementação de iodo.

Palavras-chave: Açores, iodo, disponibilidade ambiental, iodúrias em crianças.

Abstract

Background: Iodine is the key element for thyroid hormones synthesis. Iodine deficiency is a major public health problem worldwide, especially among pregnant women and children. In many regions of the world, soil contains very low amounts of iodine due to the effects of leaching and high rainfall, which negatively affect their content in crops, thus increasing the risk of insufficiency among people who mainly consume food produced in these soils, since iodine is obtained mainly from diet. The highest values of environmental iodine bioavailability are found in coastal areas due to volatilization of iodine sea water into the atmosphere. Recent studies indicate that in the Azores the iodine intake is insufficient, both among children and pregnant women, and differs between the islands of the archipelago, which reveals that living in coastal zones does not guarantee an adequate iodine intake.

Objectives: This study aims to evaluate the association between environmental availability of iodine and the concentration of this element in the urine of children at school age.

Methods: The study was carried out on the islands of Santa Maria (reference area) and S. Miguel (study area), Azores - Portugal. The quantification of iodine in soil and pasture grass was achieved by using the INAA method (Instrumental Neutron Activation Analysis). The determination of the iodine concentration in the urine was performed in 315 schoolchildren. A survey was applied in order to obtain information about the lifestyle and eating habits of the study groups to evaluate the sources of iodine in their diet. The urinary iodine values were studied by ICP-MS (Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry). The risk analysis was performed using logistic regression models, adjusted to time of residence, consumption of dairy products and meat.

Results: The soil of Santa Maria island had a significantly higher average concentration of iodine in comparison to S. Miguel (57.11 ppm vs 14.53 ppm, respectively; $P=0.001$). However, no significant differences were observed in the present iodine content in

pasture grass of the two islands ($P=0.095$). The study of the iodine concentration in urine revealed that on the island of S. Miguel the prevalence of children with insufficient iodine intake ($<100 \mu\text{g/L}$) is significantly higher than in Santa Maria (63% vs 37.8%, respectively; $P < 0.001$). Chronic exposure to low availability of iodine in the environment is significantly associated with the exacerbation of iodine deficiency in the urine, and the risk is considerably increased (≈ 5 times higher) among S. Miguel children (Ribeira Quente and Furnas).

Discussion and Conclusions: Environmental factors such as orography, precipitation and wind may be related to differences in iodine availability in the soils of these two Azores islands. Consequently, urinary iodine values in children living on these islands were also very different, which predicts that the various iodine intake pathways are dependent on the availability of iodine in the soils. These results point to the need of continuous study of iodine intake in the Azores, and the implementation of recommendations for its supplementation.

Keywords: Azores, iodine, environmental availability, urinary iodine in children.

1. Introdução

O iodo (I^{127}) é um micronutriente essencial para o normal desenvolvimento do indivíduo em todas as fases da vida, sendo a fetal e a primeira infância as fases mais críticas em caso de carência (Ahad *et al.*, 2010).

A dieta é a principal fonte de aporte de iodo, sendo, por sua vez, dependente do teor de iodo na água e no solo. O iodo está naturalmente presente no peixe, ovos, carne, produtos lácteos, e numa menor escala, em frutas e legumes, estando particularmente presente em vegetais verdes como espinafres e frutos cultivados em solos ricos em iodo, sendo o restante iodo necessário proveniente da água potável (Ahad *et al.*, 2010; Kapil, 2007; Kiferle *et al.*, 2013; Lu *et al.*, 2005). Alguns vegetais como o repolho, couve-flor, e rabanete contêm glicosinolatos (tioglicosídeos) que são potenciais goitrogénicos, e por consequência comer muitos destes alimentos, diminui a disponibilidade de iodo no organismo a partir dos alimentos (Kapil, 2007).

Calcula-se que cerca de dois bilhões de pessoas, a nível mundial, têm um aporte de iodo insuficiente (Limbert *et al.*, 2012a). Isto é devido ao fato de a deficiência de iodo estar diretamente relacionada com a sua disponibilidade no meio ambiente. Em muitas regiões do mundo, os solos contêm quantidades muito baixas de iodo, devido principalmente ao fato dos teores de iodo serem afetados pelos efeitos repetidos da lixiviação dos solos e elevada precipitação, o que reduz o seu teor nas culturas, aumentando assim o risco de carência iodada nas pessoas que consomem principalmente os alimentos produzidos nesses solos (Kiferle *et al.*, 2013; Lu *et al.*, 2005).

Os valores mais elevados de iodo nos solos são geralmente encontrados perto das zonas costeiras, devido à volatilização do iodo da água do mar para a atmosfera (Fuge, 2005).

A principal estratégia para o controlo e prevenção da deficiência de iodo é a suplementação universal de sal iodado. Outras estratégias têm sido utilizadas, incluindo a adição de iodo a óleos, produtos de panificação, ou mesmo à água potável, mas nenhuma destas alternativas provou ser eficaz por si só como um meio de prevenção (Kapil, 2007; Kiferle *et al.*, 2013).

No entanto, Kiferle *et al.* (2013) indica que as plantas podem acumular iodo, e geralmente há uma correlação positiva entre as aplicações ao solo e a acumulação final em plantas. A biofortificação de iodo em culturas pode, assim, ser uma estratégia de baixo custo para aumentar os níveis de iodo em alguns alimentos de origem vegetal, e, assim, melhorar a nutrição humana. Contudo, para cada espécie deve ser feita uma avaliação cuidadosa e específica do método de suplementação de iodo a aplicar, porque como já referido anteriormente existem plantas que bioacumulam mais facilmente que outras espécies.

O iodo é um constituinte fundamental para a síntese das hormonas da tiróide (Kiferle *et al.*, 2013; Limbert *et al.*, 2010, 2012ab) e, a carência deste oligoelemento conduz a alterações fisiológicas e patológicas devido à secreção insuficiente destas hormonas (García-García *et al.*, 2012; Limbert *et al.*, 2012ab; Nimer *et al.*, 2002).

Assim, torna-se importante avaliar os níveis de aporte de iodo na população, como forma de identificar a sua carência antes do surgimento de manifestações mais aparentes, tais como o desenvolvimento de bócio. Para tal, é frequente utilizar a excreção urinária de iodo como medida para avaliação do aporte de iodo. A iodúria é o marcador bioquímico mais utilizado, devido ao seu baixo custo e à simplicidade do procedimento. Por outro lado, acresce o fato da excreção renal corresponder a mais de 90% das perdas, sendo, portanto, equivalente à ingestão nutricional, o que faz com que a concentração de iodo na urina seja um bom marcador para avaliação da deficiência deste elemento nas populações (Nimer *et al.*, 2002).

A carência de iodo é um dos maiores problemas de saúde pública em todo o mundo, principalmente entre grávidas e crianças. Os esforços para a sua erradicação são incentivados por órgãos internacionais como a Organização Mundial de Saúde (OMS) e o *International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders* (ICCIDD). De acordo com estas instituições, nas grávidas, iodúrias iguais ou superiores a 150 µg/L correspondem a um aporte adequado de iodo. Nas crianças, cujas eliminações urinárias do iodo correspondem à população em geral, consideram-se adequadas as iodúrias iguais ou superiores a 100 µg/L, enquanto que valores inferiores a 20 µg/L são considerados muito baixos, entre 20 e 50 µg/L moderadamente baixos e entre 50 e 100 µg/L ligeiramente baixos (Limbert *et al.*, 2012b).

À excepção dos trabalhos de Lopes de Oliveira *et al.* (1986) e de Limbert *et al.* (2010, 2012a), nenhum outro estudo foi realizado sobre as iodúrias nos Açores.



O trabalho de Limbert *et al.* (2010) revelou que em Portugal Continental a prevalência de gestantes com iodúrias baixas ($<50 \mu\text{g/L}$) nas zonas costeiras foi de 20.1%, enquanto que nos Arquipélagos dos Açores e da Madeira a prevalência (50.0% vs. 33.7%, respectivamente) foi ainda mais elevada. O trabalho de Limbert *et al.* (2012a) refere que no Arquipélago dos Açores 78% das crianças apresentavam um aporte de iodo insuficiente, sendo que entre estas, mais de metade (52%) tinham uma carência ligeira, 22% uma carência moderada e 4% uma carência severa. Este trabalho refere ainda que as iodúrias apresentavam diferenças consideráveis entre as ilhas deste arquipélago, como é o caso das iodúrias medianas obtidas na Ilha de São Miguel ($70.9 \mu\text{g/L}$) e na ilha de Santa Maria ($88.0 \mu\text{g/L}$). Estes resultados demonstram que a proximidade do mar não garante um aporte de iodo adequado às populações.

Tendo em conta este contexto, o presente trabalho tem como finalidade esclarecer em que medida é que a disponibilidade ambiental de iodo contribui para as diferenças nas iodúrias observadas nas crianças das ilhas de Santa Maria e de São Miguel.